

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-046496

(43)Date of publication of application : 20.02.2001

(51)Int.Cl.

A61M 1/10

(21)Application number : 11-225744

(71)Applicant : UNIV WASEDA

(22)Date of filing : 09.08.1999

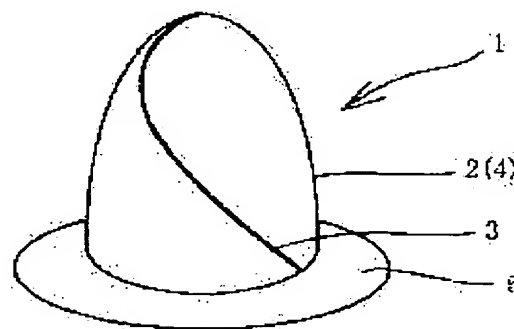
(72)Inventor : UMETSU MITSUO
TONO SUMIHIRO
ARITA MAKOTO
SHIRAISHI YASUYUKI

(54) LEFT VENTRICLE SACK IMITATING CONTRACTED FORM OF LEFT VENTRICLE OF ORGANISM AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a left ventricle sack which can imitate the contracted form of an organism left ventricle.

SOLUTION: This left ventricle sack 1 comprises a sack body 2 and an elastic rubber cord 3 spirally wound on the outer periphery of the sack body 2. The sack body 2 is made from an elastic material and has an approximately shell-shaped sack part 4 and a flange part 5. Silicone, latex, polyurethane, and the like, are usable as the elastic material, with the silicone particularly desirable. The sack body 1 preferably has a capacity of 40 to 60 milliliters, and preferably 45 to 55 milliliters.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-46496

(P2001-46496A)

(43) 公開日 平成13年2月20日 (2001.2.20)

(51) Int.Cl.⁷

A 6 1 M 1/10

識別記号

F I

A 6 1 M 1/10

テームコード (参考)

4 C 0 7 7

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平11-225744

(22) 出願日 平成11年8月9日 (1999.8.9)

(71) 出願人 390001421

学校法人早稲田大学

東京都新宿区戸塚町1丁目104番地

(72) 発明者 梅津 光生

東京都練馬区関町南2-24-11-706

(72) 発明者 東野 純大

千葉県船橋市田喜野井1-5-18

(72) 発明者 有田 誠

東京都目黒区碑文谷3-9-19-406

(72) 発明者 白石 泰之

埼玉県大宮市日進町2-1607-2-106

(74) 代理人 100080089

弁理士 牛木 護

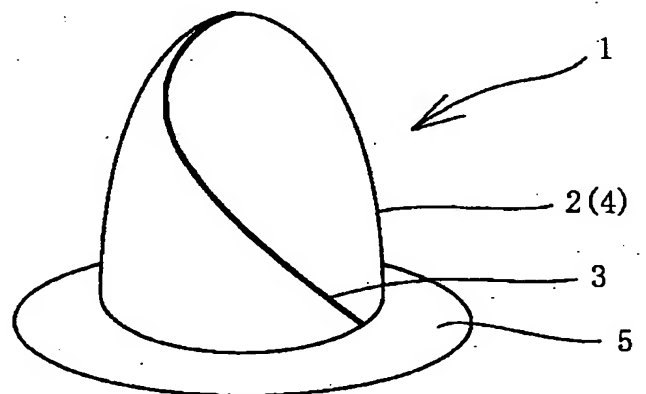
Fターム (参考) 4C077 AA01 BB10 DD04 KK27

(54) 【発明の名称】 生体左心室の収縮形態を模擬した左心室サック及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 生体左心室の収縮形態を模擬することの可能な左心室サックを提供する。

【解決手段】 左心室サック1は、サック本体2とこのサック本体2の外周にらせん状に巻装された弾性ゴムひも3とからなる。サック本体2は弾性材料からなり、略砲弾形状の袋部4とフランジ部5とを有する。この弾性材料としては、シリコーン、ラテックス、ポリウレタン等を用いることができ、特にシリコーンが好ましい。このサック本体1は好ましくは40～60ミリリットル、特に45～55ミリリットルの容積を有する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 弾性材料からなる略砲弾形状のサック本体の外周に弾性ゴムひもをらせん状に巻装したことを特徴とする生体左心室の収縮形態を模擬した左心室サック。

【請求項 2】 前記左心室サック本体の容積が 40～60 ミリリットルであることを特徴とする請求項 1 記載の生体左心室の収縮形態を模擬した左心室サック。

【請求項 3】 弾性材料からなる略砲弾形状のサック本体の外周に弾性ゴムひもをらせん状に巻装することを特徴とする生体左心室の収縮形態を模擬した左心室サックの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、医療用の人工臓器開発等に使用する血液循環シミュレータ回路の左心室部の血液ポンプである左心室サックおよびその製造方法に関する発明である。

【0002】

【発明が解決しようとする課題】冠動脈ステントなどや医療用の人工臓器などは、人の心臓の血流を模擬的に再現した種々のデータに基づいて検証される必要があり、この人の心臓の血流を模擬的に再現する装置として左心室ポンプと冠動脈などに想到する液体の管路とを有する血液循環シミュレータ回路が用いられている。この血液循環シミュレータ回路における左心室部のポンプにはサック型ポンプ、直管型ポンプなどがある。サック型ポンプとは、シリコンやポリウレタン製のサックと呼ばれる砲弾形状の袋をダイヤフラムに用いたポンプである。また、直管型ポンプとは、ラテックス製の円筒をダイヤフラムに用いたポンプである。これらのポンプは、空気や水等の流体を用いて、ダイヤフラムを収縮拡張させることによって血液を駆出するものである。

【0003】これらのポンプのうち従来の左心室ポンプにはサック型ポンプが一般に用いられている。このサック型ポンプは、心サイクルのうち拡張末期における左心室容積が約 150 ミリリットルであることから、成形時容積が 150 ミリリットルとなっている。しかしながら、この左心室サックは拡張時の外観的形状を模擬するために設計されたものであるが、これまでの左心室サックは、空気圧でサックを圧搾することによって収縮させていたため、人間の生体心臓のような心室壁自体の伸縮を起こすことができなかった。また、心臓外科医によって人間の生体左心室の心拍動にはねじり運動があると言われており、近年の画像診断によってこのねじり運動が確認されている。このねじり運動が左心室から大動脈へ駆出される血液の流れに影響を与えると考えられている。しかしながら、従来の左心室サックでは、この人間の生体左心室の心収縮における心室壁のねじり運動を模擬することは不可能であった。

【0004】そこで、本発明は血液循環シミュレータの左心室サックについて、生体左心室の収縮形態を模擬することの可能な左心室サックおよびそれを製造する方法を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的に鑑み、本発明者らは、生体心臓のねじり運動を模擬した左心室サックについて鋭意研究した結果、サックの成形時容積を従来の 150 ミリリットルから 50 ミリリットルに変更することによって心室壁自身の伸縮が可能となり、またサックの外周に弾性ゴムひもをらせん状に巻くことによってねじり運動を模擬できることを見出し、本発明に想到した。

【0006】本発明の請求項 1 記載の生体左心室の収縮形態を模擬した左心室サックは、弾性材料からなる略砲弾形状のサック本体の外周に弾性ゴムひもをらせん状に巻装したものである。

【0007】また、請求項 2 記載の生体左心室の収縮形態を模擬した左心室サックは、前記請求項 1 において、前記左心室サック本体の容積が 40～60 ミリリットルであるものである。

【0008】さらに、本発明の請求項 3 記載の生体左心室の収縮形態を模擬した左心室サックの製造方法は、弾性材料からなる略砲弾形状のサック本体の外周に弾性ゴムひもをらせん状に巻装するものである。

【0009】

【発明の実施形態】以下、本発明の生体左心室の収縮形態を模擬した左心室サックについて詳細に説明する。図 1 は、本発明の一実施形態による左心室サックを示しており、この左心室サック 1 は、サック本体 2 とこのサック本体 2 の外周にらせん状に巻装された弾性ゴムひも 3 とからなる。サック本体 2 は弾性材料からなり、略砲弾形状の袋部 4 とフランジ部 5 とを有する。このフランジ部 5 は後述する血液循環シミュレーターで使用するときに用いる左心室ケーシング 12A に固定するためのものである。この弾性材料としては、シリコン、ラテックス、ポリウレタン等を用いることができ、特にシリコンが好ましい。このサック本体 1 は好ましくは 40～60 ミリリットル、特に 50 ミリリットルの容積を有する。なお、本明細書中において、略砲弾形状のとは、一側から他側に向けて滑らかに窄まった砲弾のような形状のことであり、釣鐘形状や長楕円を半分に分割した形状などこれに類する形状も含む。

【0010】本発明においてシリコンとしては、2 液混合型のシリコン RTV ゴムを用いることができ、好ましくは、約 40 の硬度 (JIS) と約 300% の伸び率を有する付加型硬化方式のシリコンである。このようなシリコンは、主剤と硬化剤の混合後、常温において約 24 時間で硬化する。このシリコンの調製時には、主剤、硬化剤のほかに粘度調整のためにジメチルシ

リコーンオイルを主剤 100 重量% に対し 20~30 重量% 程度混合する。混合した直後のシリコーンは気泡を多く含むので、脱泡機により気泡を除去する。このようなシリコーンを用いて、後述するようなモールドにより略砲弾形状のサック本体 1 を製造する。

【0011】また、弾性ゴムひも 2 を構成する弾性材料としては、シリコーン、ラテックス、ポリウレタン等を用いることができるが、サック本体 1 との接着性の点で該サック本体 1 と同じ材質のものをを用いるのが好ましい。この弾性ゴムひも 2 としては、サック本体 1 に巻装可能な径であれば特に制限はないが、平常時で 3~5mm 程度の径のものが好ましい。上述したような弾性ゴムひもは、例えば、シリコーン製の弾性ゴムひもの場合、所望とするゴムひもの径に応じた内径を有する金属製パイプの内側にシリコーンを充填し、硬化させることによって得ることができる。特に内径 3~5mm の円形断面のアルミニウム製のパイプを用いて製造するのが好ましい。

【0012】次に上述したような左心室サックの製造方法について説明する。

【0013】左心室サック 1 は、図 2 に示すような容積 50 ミリリットルのモールド 6 を用いて成形したサック本体 2 に、シリコーンの弾性ゴムひも 3 をらせん状に巻装し、接着したものである。好ましいモールド 6 はジュラルミンを NC 旋盤によって加工したものであるが、これをシリコーン等で型取りしエポキシ樹脂で複製したものでよい。

【0014】以下にサック本体 2 の成形の例として、一軸回転成形機を使用した場合について説明する。一軸回転成形機ではモールド 6 を水平な回転軸に取り付け、モールド 6 の表面にシリコーンを塗布し、軸を定回転させながらサック本体 2 を成形する。好ましい一軸回転成形機は恒温制御されたヒータ式オープン内に、ステッピングモータを回転軸が水平になるように設置し、その回転軸にモールド 6 を取り付けるものである。オープン内の温度は、50~150℃ 程度まで制御できればよい。また、ステッピングモータの回転数は最大で 1000 rpm の定回転駆動ができればよい。

【0015】このような一軸回転成形機におけるモールド 6 のサック開口部側にはシリコーン製のフランジ部 5 をサック本体 2 の袋部 4 と一体成形するために、金属のプレート（図示せず）を長軸 7 に対して垂直に取り付ける。このフランジ部 5 は左心室サック 1 を後述する血液循環シミュレータで使用するときに用いる左心室ケーシングに固定するためのものである。

【0016】そして、下記 (a) ~ (e) の手順により左心室サック 1 を製造する。

(a) モールド 6 を一軸回転成形機の回転軸に取り付ける。このとき、モールド 6 がエポキシ樹脂等の樹脂製の場合は、モールド 6 に離型剤を塗布するのが好ましい。

また、モールド 6 が金属製の場合には、特に塗布する必

要はない。

(b) モールド 6 を 50~60 rpm で回転させながら、シリコーンをモールド 6 とフランジ部 5 に均一に塗布する。一回に塗布するシリコーンの量は 9~10 g が好ましい。これ以上のシリコーンを塗布すると、一様な厚さの左心室サックを製造するのが困難になる。左心室サックの膜厚の差異により、左心室サックとしての機能は異なる。通常は 1 回塗りが好ましいが、膜の厚いサックを製作する場合は、一度塗布したシリコーンを硬化させてから 2 回塗あるいは 3 回塗によって製作する。

(c) シリコーンを塗布し終わったら、モールド 6 を 20 rpm で回転させ、ヒータの電源を入れる。ヒータの設定温度を 120℃ にし、オープン内の温度が 120℃ に達してから約 30 分間放置する。

(d) 約 30 分でシリコーンの硬化は完了する（シリコーンの硬化時間は常温で約 24 時間であるが、高温下では温度が高いほど速く硬化する）。硬化が完了したらモールドを一軸回転成形機から取り出す。

(e) あらかじめ製作しておいたシリコーンの弾性ゴムひもをシリコーンで接着しながら、モールド 6 の外周、すなわちモールド 6 の外側に形成されたサック本体 2 に巻装する。この弾性ゴムひもの巻装方向は、モールドの先端からみて時計回りである。

【0017】次に、このシリコーンの弾性ゴムひもを接着する工程について図 3 を参照して説明する。まず、フランジ部 7A を下にしてモールド 6 を置き、フランジ部 7A とサック本体 2 の接合部付近に弾性ゴムひも 3 の一端を接着する（図 3 (a), (b)）。接着はハケ 8 などによりシリコーンを弾性ゴムひも 3 の端部に少量塗布し、これをサック本体 2 との接着部に当ててドライヤー 9 で硬化させる。ここで使用するドライヤー 9 は、その先端が直径 7 mm 程度で強力なものが好ましい。強力なドライヤー 9 を使用することにより約 10 秒でシリコーンは硬化する。

【0018】弾性ゴムひも 3 の一端を接着したら、その接着部を押さえながら弾性ゴムひも 3 を 1.5~2.0 倍に引き伸ばし、フランジ部 7A に対して 45~60° の角度でモールド 6 の外側に這わせる（図 3 (c)）。そして、最初の接着部から約 2 cm のところまで、弾性ゴムひも 3 とサック本体 2 の接触面にシリコーンを塗布し、弾性ゴムひも 3 を引き伸ばしたままドライヤーを用いて接着する。この第二の接着部からさらに 2 cm 前と同様に、弾性ゴムひも 3 の角度をフランジ部 7A のフランジ面に対して 45~60° に保ったまま接着する。第三の接着部からまた同様の操作をする（図 3 (d)）。

【0019】第四の接着部がモールド 6 の先端から 1/3 の位置に達したら、弾性ゴムひも 3 の角度をフランジ面に対して 60~80° に徐々に変化させながら、モールド 6 の外周に約 1.5 cm 這わせ接着する（図 3 (e)）。このときも弾性ゴムひも 3 を 1.5~2.0

倍に引き伸ばしておく。第五の接着部からサック本体 2 の先端まで、弾性ゴムひも 3 の角度をフランジ面に対して 90° で同様に接着する (図 3 (f))。そして、余分な弾性ゴムひも 3 をハサミ 10 などで裁断することにより左心室サック 1 を製造することができる (図 3 (g), (h))。

【0020】なお、上述したような弾性ゴムひも 3 の巻装工程において、その接着方法としては 2 通りの場合がある。すなわち、1 つは弾性ゴムひも 3 全体に接着剤を塗布して全体を接着する方法であり、もう一つは弾性ゴムひも 3 全体ではなく 5、6 個所を点で接着する方法である。二つ目の方法については、上の製作手順で各段階ごとに弾性ゴムひもを引き伸ばした点を接着すればよい。どちらの方法でも弾性ゴムひも 3 の巻き方は同様である。

【0021】次に上述したような左心室サックの使用方法について説明する。

【0022】左心室サックは血液循環シミュレータ回路において左心室部のポンプとして使用する。この血液循環シミュレータ回路の一例を図 4 に示す。同図において血液循環シミュレータ回路 11 は、左心室ケーシング 12A に収納された左心室サック 12 と、この左心室サック 12 のフランジ部に取り付けられた取付部材 13 に環状に設けられた管路である模擬大動脈 14 とを有し、左心室サック 12 の出口側の取付部材 13 には大動脈弁 15 が設けられている。また、模擬大動脈 14 の途中にはコンプライアンスタンク 16 と抵抗器 17 とオーバーフロータンク 18 とがそれぞれ設けられており、その流入部は取付部材に設けられた僧帽弁 19 を介して左心室サック 12 に流入する。また、左心室サック 12 には駆動用の空気圧駆動装置 20 と連通している。上述したような回路 11 において、模擬大動脈 14 としては PVC (ポリ塩化ビニル) チューブやタイゴンチューブあるいは人間の生体大動脈の形状を模擬したシリコン製大動脈弓などを用いることができる。コンプライアンスタンク 16 及び抵抗器 17 は、末梢血管にコンプライアンス要素及び抵抗要素を模擬するための集中要素である。さらに、左心室ケーシング 12A は、左心室サック 12 を介して、血液 (または生理食塩水) と空気圧駆動装置 20 から送られてくる空気を隔てるためのハウジングである。

【0023】図 5 にこの左心室ケーシング 12A の一例を示す。このケーシング 12A は透明なアクリル樹脂製であり、大動脈弁 15 及び僧帽弁 19 を有する模擬大動脈 14 を備えた取付部材 13 がケーシングのフランジ部 12B に着脱可能となっており、このフランジ部 12B に左心室サック 12 のフランジ部を固定する。左心室サック 12 の駆動方法は陰圧によってケーシング 12A 内を陰圧としてサック 12 を拡張させ、陽圧によってサック 12 を収縮させる。このため、空気圧駆動装置 20 は 2 つの圧力タンクを有し、一つは陽圧タンク、もう一方は陰圧タンクである。左心室サ

ックを駆動するための圧力は、これら 2 つの圧力タンクを電磁弁により切り替えることによって供給される、電磁弁は電気回路によって制御される。電磁弁の制御によって心拍数、左心室収縮時間比が決まる。好ましい空気圧駆動装置 20 としては、心拍数が $40 \sim 120$ BPM、左心室収縮時間比が $20 \sim 50\%$ 、陽圧が $0 \sim 350$ mmHg、陰圧が $0 \sim -100$ mmHg の間でそれぞれ調節することができればよい。

【0024】左心室サック 12 の駆動条件としては正常な人間の心機能を模擬するために、心拍数 $60 \sim 80$ BPM、左心室収縮時間比 $33 \sim 37\%$ のもとで、心拍量が $4.5 \sim 6.0$ リットル/分、大動脈圧が $90 \sim 110$ mmHg になるように陽圧、陰圧および血液循環シミュレータ回路 11 の抵抗器 17 を調節する。空気圧駆動装置 20 の陽圧、陰圧の設定値の目安としては、陽圧が $100 \sim 200$ mmHg、陰圧が $-5 \sim -30$ mmHg の範囲内である。

【0025】また、正常な人間の生体左心室の容積は拡張末期で約 120 ミリリットルであるので、左心室サック 12 についても拡張末期容積約 120 ミリリットルで駆動する例えば、心拍出量 5.0 リットル/分、心拍数 60 BPM であれば、1 回の拍出量は約 83 ミリリットル/ビートであるから、左心室サック駆動時の容積変化範囲は約 40 (収縮末期) ~ 120 (拡張末期) ミリリットルにすればよい。

【0026】以上に標準的な左心室サックの使用方法を示したが、これ以外にも各種駆動パラメータはさまざまな人間の心機能を再現するために適当な値に設定することが可能である。

【0027】前記構成につきその作用について説明する。血液循環シミュレータ回路 11 を起動することにより、前記所定の条件で空気圧駆動装置 20 を起動させると、左心室ケーシング 12A 内に陰圧、陽圧が交互にかかり、これにより左心室サック 12 が拡張、収縮を繰り返す、これに伴い模擬大動脈 14 内の血液や生理食塩水などが回路 11 を循環する。このような血液循環シミュレータ回路 11 において、図 1 に示すように左心室サック 1 は、左心室サック本体 2 の外周に弾性ゴムひも 3 を巻装したものである。このため、このねじり運動によって、左心室サック 1 から流出する液体の流れに旋回流が発生する。この旋回流は従来の左心室サックにはない流れであり、本発明の左心室サック 1 を使用することによって、その血流が大動脈弁や血管に与える影響などを調べることが可能になる。また、左心室サック 1 の成形成容積を 50 ミリリットルにすることによって、正常な人間の生体心臓と同じようにそれ自身が膨張・収縮することにより液体を吐出するので、心収縮・拡張時における長軸短軸方向の径変化を模擬することができる。

【0028】

【実施例】以下の具体的実施例に基き本発明をさらに詳細に説明する。

実施例 1

旋回流測定実験

【0029】図 1 に示すような左心室サック 1 の拍動時のねじり運動が、左心室から大動脈へ流出する血液に与える影響を調べるための実験装置を図 6 に示す。本実験により左心室から大動脈へ流出する血流の旋回を調べる。本実験では従来の左心室サック、すなわち成形容積 150 ミリリットルで弾性ゴムひもを巻装していない左

心室サックと比較を行った。
【0030】図 6 に示す実験装置は、ウインドケッセル式血流循環シミュレータ回路の略図であり、基本的には図 4 に示す血液循環シミュレータ回路と同じ構成を有するので、同一の構成には同一の符号を付し、その詳細な

旋回流測定実験条件

左心室収縮時間比	35%	
左心室圧	-30 (最小) ~ 130 (最大) mmHg	
心拍出量および心拍数	4.5 リットル/分	60 BPM
		90 BPM

【0033】

【表 2】

	プロペラの平均回転角(度/1 拍)		t 検定
	従来のサック (SD)	本発明のサック (SD)	
4.5 リットル/分 60 BPM	16.3 (43.5)	102.5 38.5	P<0.05 (有意差あり)
4.5 リットル/分 90 BPM	49.4 (21.3)	112.5 (40.6)	P<0.05 (有意差あり)

【0034】表 2 より、本発明の左心室サックと従来の左心室サックの旋回には有意な差が認められ、本発明の左心室サックの拍動時のねじり運動が、左心室から大動脈へ流出する血液に旋回流を発生させることが明らかになった。

実施例 2

収縮形態比較実験

【0035】図 1 に示すような本発明の左心室サックの収縮・拡張時における長軸短軸方向の径変化を正常な生体心臓および従来の左心室サックのものと比較する実験を行った。図 9 に本実験の実験装置を示す。

【0036】図 9 に示す実験装置は、ウインドケッセル式血流循環シミュレータ回路の略図であり、基本的には図 4 に示す血液循環シミュレータ回路と同じ構成を有するので、同一の構成には同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。図 9 においては、左心室サック 12 に向けて高速カメラ 25 が設けられており、この高速カメラ 25 により左心室サック 12 の膨張・収縮状態が断続的に撮影可能となっている。実験は人間の標準的な生体心臓の心拍数 60 BPM、心拍出量 5.5 リットル/分、平均大動脈圧約 90 mmHg のもとで左心室サックを拍動させて、そのときに左心室サックの挙動を高速度カメラで撮

説明を省略する。図 6 において模擬大動脈管 14 には、旋回流測定装置 21 が設置されている。この旋回流測定装置 21 は、図 7 に示すように模擬大動脈管 14 に回動自在に旋回計測用のプロペラ 22 が設けられており、このプロペラ 22 の動きは後流側に設置した観測窓 23 で観測可能となっており、特に高速カメラ 24 によって、このプロペラ 22 の回転数を計測することによって血流の旋回の程度を調べることができるものである。

【0031】表 1 に実験条件、図 8 に実験結果を示す。実験は人間の標準的な生体心臓の心拍数 60 BPM、90 BPM のもとで行った。また、図 8 において各心拍数ごとにプロペラの回転数の有意差検定 (t 検定) を行った結果を表 2 に示す。

【0032】

【表 1】

影した。これらの左心室サックの心収縮末期、拡張末期における画像に基く左心室の膨張収縮の状態を図 10 にそれぞれ示す。また、参考のために正常な人間の生体心臓の収縮末期、拡張末期における左心室造影画像に基く拡張収縮の状態を図 10 に併せて示す。

【0037】図 10 より従来の左心室サックでは長軸方向、すなわち縦方向の径変化が小さいのに対し、本発明の左心室サックでは長軸、短軸方向、すなわち縦方向と横方向の両方向に径変化が見られる。この長軸短軸方向の径変化は、正常な人間の生体心臓にも見られるものである。したがって、本発明の左心室サックは正常な人間の生体心臓における心収縮、拡張時における長軸短軸方向の径変化を模擬することができることがわかる。

【0038】

【発明の効果】本発明の請求項 1 記載の生体左心室の収縮形態を模擬した左心室サックは、弾性材料からなるサック本体の外周に弾性ゴムひもをらせん状に巻装したものである。生体左心室のねじり運動を模擬することができ、これにより左心室サックから流出する液体の流れに旋回流が発生する。

【0039】また、請求項 2 記載の生体左心室の収縮形態を模擬した左心室サックは、前記請求項 1 において、

前記左心室サック本体の容積が50ミリリットルであるものである、正常な人間の生体心臓と同じようにそれ自身が膨張・収縮することにより液体を吐出するので、心収縮・拡張時における長軸短軸方向の径変化を模擬することができる。

【0040】さらに、請求項3記載の生体左心室の収縮形態を模擬した左心室サックの製造方法は、弾性材料からなるサック本体の外周に弾性ゴムひもをらせん状に巻装するものである、生体左心室の収縮形態を模擬した左心室サックを効率よく製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例による生体左心室の収縮形態を模擬した左心室サックを示す斜視図である。

【図2】左心室サックの製造に用いるモールドを示す(a)平面図および(b)側面図である。

【図3】シリコーンの弾性ゴムひもを巻装する手順を示

す工程図である。

【図4】血液循環シミュレータの回路構成を示す概略図である。

【図5】左心室ケーシングを示す正面図である。

【図6】旋回流測定実験装置を示す概略図である。

【図7】同上旋回流測定装置を示す概略図である。

【図8】旋回流測定実験結果を示すグラフである。

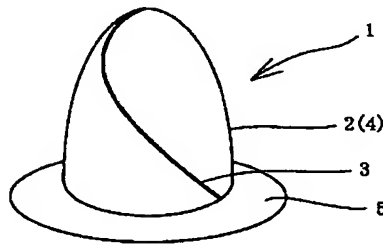
【図9】収縮形態比較実験装置を示す概略図である。

【図10】(a)本発明の左心室サックと、(b)従来の左心室サックと、(c)人間の正常な生体左心室との収縮膨張形態を比較した概略図である。

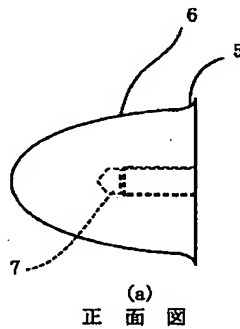
【符号の説明】

- 1 左心室サック
- 2 サック本体
- 3 弾性ゴムひも

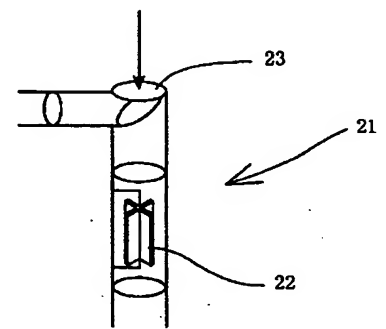
【図1】



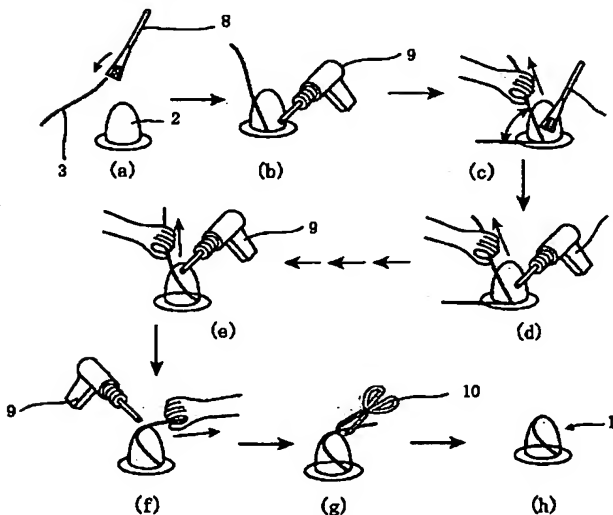
【図2】



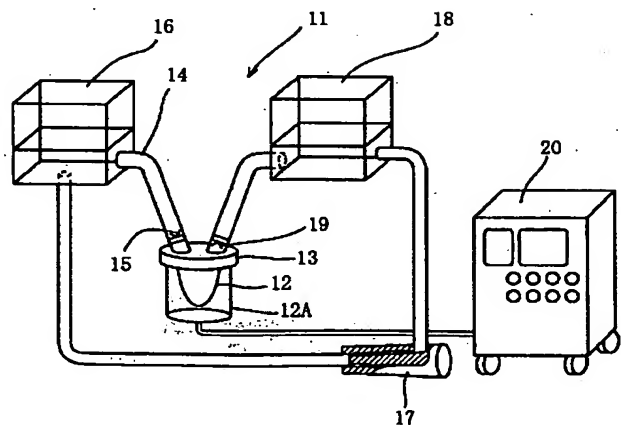
【図7】



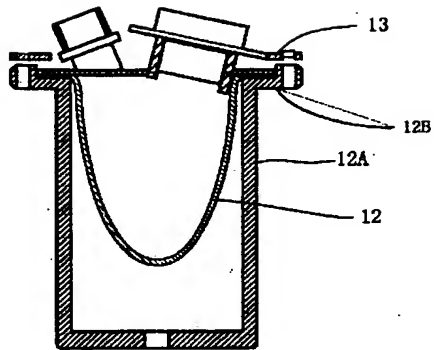
【図3】



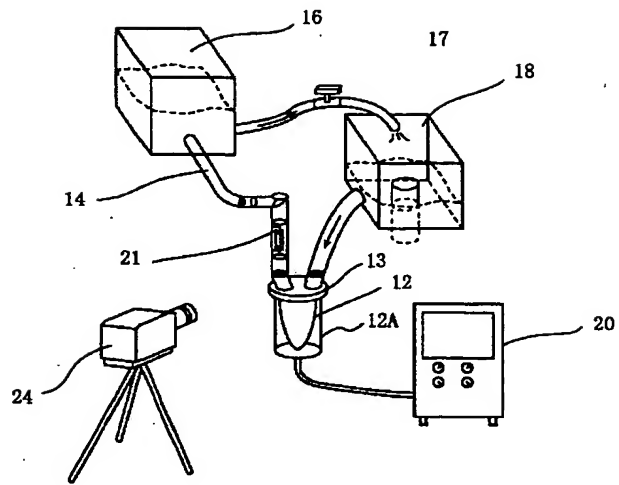
【図4】



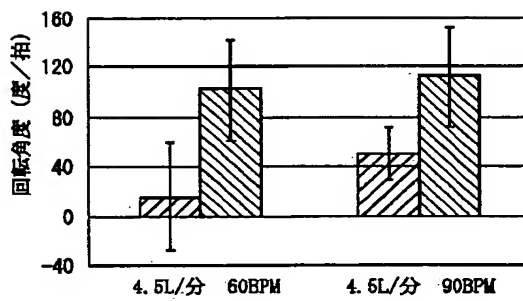
【図 5】



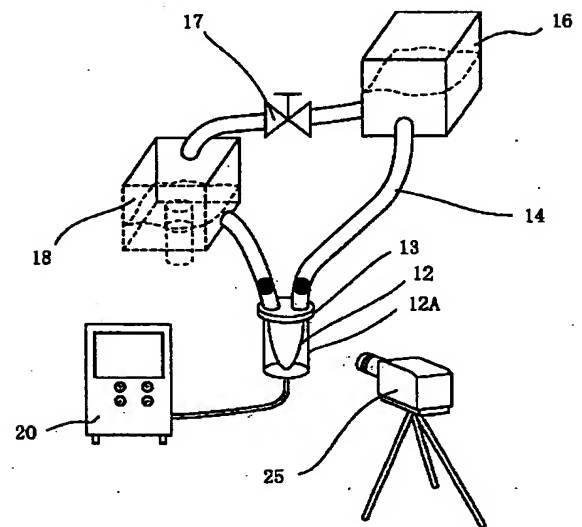
【図 6】



【図 8】



【図 9】



【図 10】

